

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 1. Méthodes chimiques d'analyse

CHAP 03-ACT EXP Dosage conductimétrique

Objectifs :

- Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage

► **Produit fragile, le lait peut facilement être contaminé par des micro-organismes, ce qui modifie sa composition chimique. Quels sont les critères scientifiques permettant de contrôler la qualité de ce produit et d'assurer aux utilisateurs qu'ils consomment un produit sain ? Comment une mesure de conductivité, après la traite, permet de déterminer sa concentration en ions chlorures et donc de vérifier qu'il est consommable ?**

D'après l'**Afnor** (Association française de normalisation), la qualité d'un produit correspond à son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs. La qualité se mesure par la conformité d'un produit à des **normes quantitatives** définies par cet organisme. Ces normes sont particulièrement strictes dans le domaine de l'alimentation. En effet, un aliment doit respecter quatre critères de qualité : qualité hygiénique, qualité nutritionnelle, qualité organoleptique et qualité d'usage (aliment se conservant longtemps et facile à stocker).

Afin de répondre aux exigences nationales ou européennes, les industries agroalimentaires sont amenées à effectuer de nombreux **contrôles de qualité**.

1. Importance du contrôle de qualité dans le secteur agroalimentaire.



3. Prélèvement d'un échantillon de lait pour un dosage

Critère analysé	Norme	Résultat d'analyse
germes totaux	entre 50 000/mL et 100 000/mL	125 000/mL
cellules somatiques	entre 250 000/mL et 400 000/mL	251 000/mL
pH à 20 °C	entre 6,4 et 6,8	6,6
densité du lait entier à 20 °C	entre 1,028 et 1,033	1,031
température d'ébullition (en °C)	entre 100,15 et 100,17	100,15
température de fusion (en °C)	entre -0,56 et -0,52	-0,53

2. Quelques résultats d'analyses effectuées sur un lait de vache.

Le lait contient naturellement de nombreux ions. Lorsque les vaches souffrent de mammite (inflammation des mamelles), le lait est impropre à la consommation. Celui-ci contient alors une quantité trop importante d'ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- . Une simple **mesure de la conductivité** du lait permet de déterminer si le lait est « mammiteux » : une conductivité trop élevée traduira en effet une concentration trop importante en ions dans le lait.

Cette mesure, rapide et fiable, est effectuée dès la traite du lait.

4. Une pathologie fréquente : la mammite.

1. ACTIVITE DOCUMENTAIRE : Contrôler la qualité du lait (S'APPROPRIER-ANALYSER)

a. Rechercher la signification des termes suivants : germe, cellule somatique, organoleptique.

Germe : organisme microscopique susceptible d'entraîner une infection.

Cellule somatique : toutes les cellules animales à l'exception des cellules sexuelles (ou germinales). Dans le cas de la vache, les cellules somatiques présentes dans son lait sont essentiellement des globules blancs.

Organoleptique : se dit d'une substance perceptible par les organes des sens (vue, odorat, goût, toucher).

b. À quels moments la qualité du lait est-elle contrôlée ?

Le contrôle du lait commence dès la traite. Il est ensuite analysé à son arrivé à la laiterie, puis tout au long de sa transformation (fromage, yaourt, beurre, crème, etc.)

c. Les critères de qualité ne sont uniquement des critères « chimiques » ? Les classer en différentes catégories.

Les critères de qualité ne sont pas uniquement « chimiques », en atteste le document 2.

Critères chimiques	Critères physiques	Critères biologiques
- le pH	- la densité - la température d'ébullition - la température de fusion	- les germes totaux - les cellules somatiques

d. Le lait analysé dans le **document 2** est-il conforme aux normes, et donc consommable ?

Le lait analysé dans le document 2 n'est pas consommable car le nombre de germes totaux dépasse 100 000 par mL de lait.

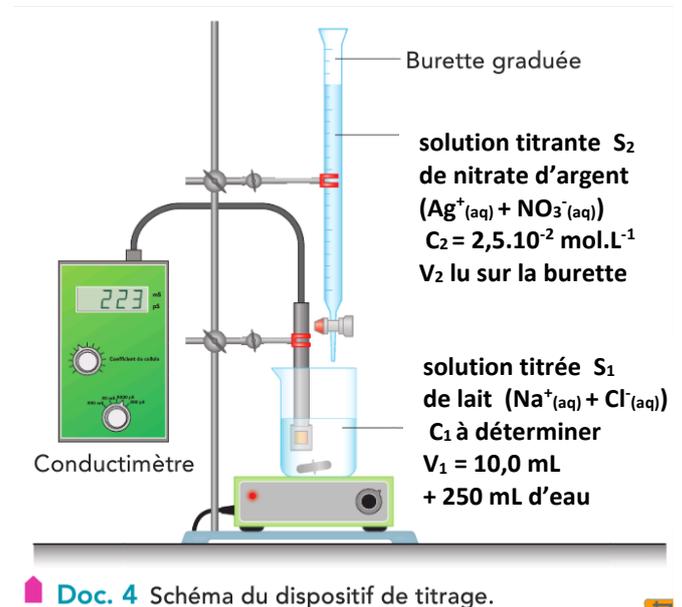
2. ACTIVITE EXPERIMENTALE : Dosage des ions chlorure dans un lait par conductimétrie (REALISER)

2.1 Protocole expérimentale :

Soit S_1 la solution de lait frais et C_1 sa concentration en ions chlorure. Prélever un volume $V_1 = 10,0$ mL du lait à l'aide d'une pipette jaugée et le verser dans un bécher puis rajouter environ 250 mL d'eau distillée.

Mélanger puis plonger dans le bécher une cellule conductimétrique préalablement étalonné.

Mesurer la conductivité initiale de la solution puis après chaque ajout millilitre par millilitre d'une solution S_2 de nitrate d'argent ($Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)}$) de concentration $C_2 = 2,5 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹.



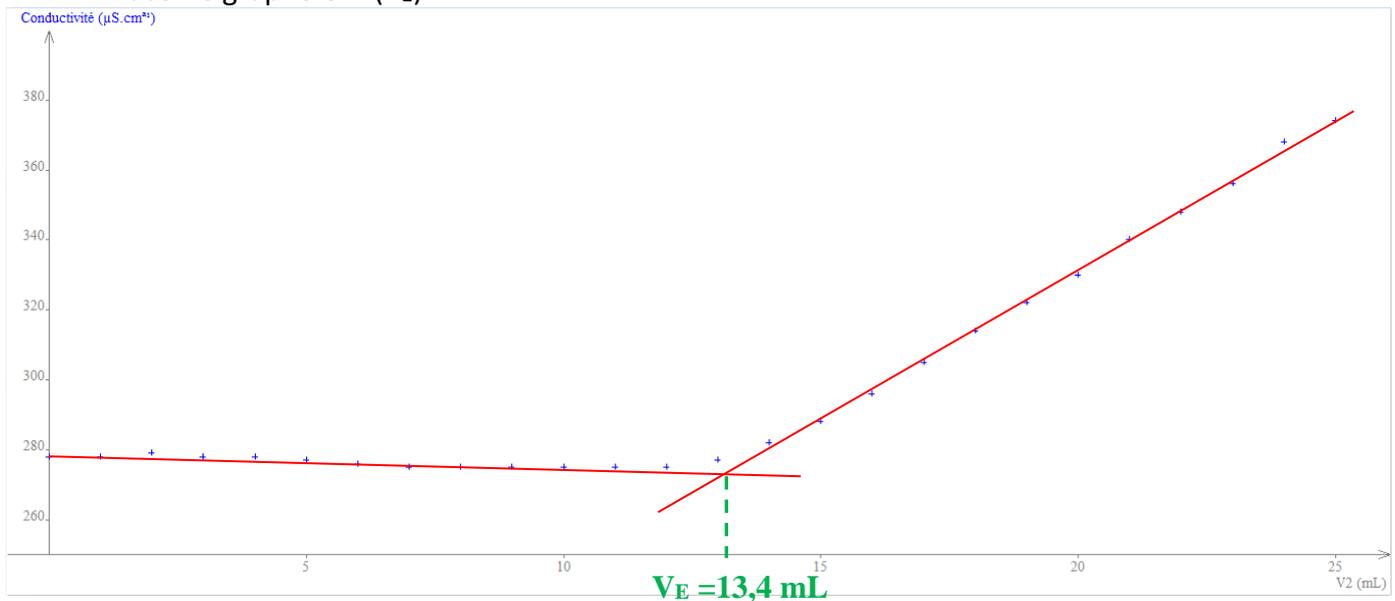
2.2 Mesures de conductivité :

V_2 (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
σ ($\mu S \cdot cm^{-1}$)	278	278	279	278	278	277	276	275	275	275	275	275	275	277

V_2 (mL)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
σ ($\mu S \cdot cm^{-1}$)	282	288	296	305	314	322	330	340	348	356	368	374		

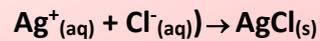
2.3 Exploitation des résultats :

- Tracer le graphe $\sigma = f(V_2)$



- Déterminer sur le graphe le volume V_E de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

La réaction rapide et totale qui sert de support au titrage met uniquement en jeu les ions chlorure et les ions argent selon l'équation :



La conductivité de la solution peut s'écrire :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$$

Données : conductivité ioniques molaires

$$\lambda(\text{Na}^+) = 50,1 \times 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = 76,3 \times 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{Ag}^+) = 61,9 \times 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{NO}_3^-) = 71,4 \times 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

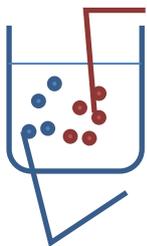
QUESTIONS (ANALYSER-VALIDER):

1. Pourquoi la conductivité initiale de la solution S_1 n'est pas nulle ?

On notera σ_0 la conductivité de tous les ions spectateurs initialement présents dans le lait.

La conductivité initiale σ_i de la solution S_1 n'est pas nulle car le lait contient des ions sodium et chlorure ainsi que d'autres ions (calcium, magnésium...etc).

$$\sigma_i = \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+] + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-] + \lambda(\text{Ca}^{2+}) [\text{Ca}^{2+}] + \lambda(\text{Mg}^{2+}) [\text{Mg}^{2+}] + \dots = \sigma_0 + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$



ions $\text{Cl}^-_{(aq)}$ de concentration $[\text{Cl}^-_{(aq)}]$ et de conductivité

$$\sigma(\text{Cl}^-_{(aq)}) = \lambda_1 \cdot [\text{Cl}^-_{(aq)}]$$

ions spectateurs : conductivité σ_0

2. Pourquoi ajoute-t-on un volume d'environ 250 mL d'eau distillée dans le bécher ?

On notera V_{tot} le volume de solution dans le bécher.

On rajoute un volume de 250 mL d'eau pour disposer d'un grand volume de solution dans le bécher afin de pouvoir négliger l'effet de dilution qui résulte de l'ajout de la solution titrante lors du dosage

Volume de solution ds le bécher : $V_{\text{tot}} = V_1 + V + V_2 = 10 + 250 + V_2 = 260 + V_2$ avec $V_2 < 25 \text{ mL}$

On peut donc négliger le volume de solution titrante rajouté V_2 devant le grand volume de solution dans le bécher et considérer ainsi que le volume de solution totale dans le bécher V_{tot} reste constant au cours du dosage.

Le volume de solution ds le bécher étant considéré comme constant, la concentration des ions spectateurs ne varie pas au cours du titrage et la conductivité σ_0 attribuable aux ions spectateurs reste constante.

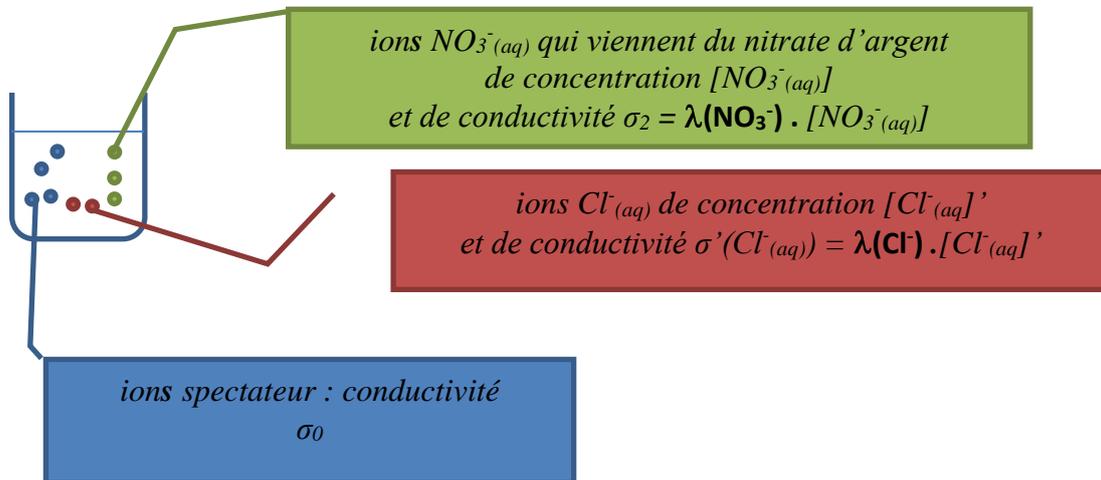
3. Donner l'expression de la conductivité σ de la solution dans le bécher en tenant compte de tous les ions susceptibles d'intervenir au cours du titrage.

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma(\text{Cl}^-) + \sigma(\text{Ag}^+) + \sigma(\text{NO}_3^-)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-] + \lambda(\text{Ag}^+) [\text{Ag}^+] + \lambda(\text{NO}_3^-) [\text{NO}_3^-]$$

4. Quels sont les ions présents dans le bécher avant l'équivalence ? Préciser l'expression de la conductivité σ de la solution dans le bécher avant l'équivalence.

Avant l'équivalence : Des ions Ag^+ et NO_3^- sont apportés par la solution titrante de nitrate d'argent mais tous les ions Ag^+ ajoutés sont consommés par les ions Cl^- présents dans le lait : $[\text{Ag}^+] = 0$; $[\text{Cl}^-] \downarrow$; $[\text{NO}_3^-] \uparrow$



$$\sigma = \sigma_0 + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-] + \lambda(\text{NO}_3^-) [\text{NO}_3^-]$$

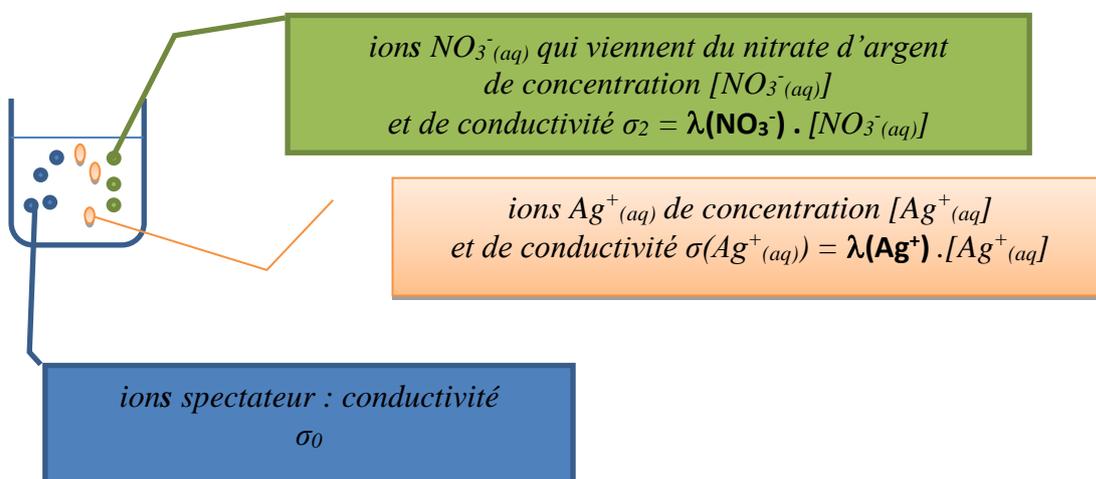
5. Justifier qualitativement la légère diminution de la conductivité σ du milieu réactionnel avant l'équivalence

$[\text{Cl}^-] \downarrow$; $[\text{NO}_3^-] \uparrow$ mais $\lambda(\text{Cl}^-) > \lambda(\text{NO}_3^-)$

La diminution de la conductivité liée ions chlorure l'emporte légèrement sur l'augmentation de la conductivité liée aux ions nitrate \Rightarrow la conductivité σ dans le bécher diminue légèrement

6. Quels sont les ions présents dans le bécher après l'équivalence ? Préciser l'expression de la conductivité σ de la solution dans le bécher après l'équivalence.

Après l'équivalence : Des ions Ag^+ et NO_3^- sont toujours apportés par la solution titrante de nitrate d'argent mais tous les ions les ions Cl^- présents dans le lait ont été consommés: $[\text{Cl}^-] = 0$; $[\text{Ag}^+] \uparrow$; $[\text{NO}_3^-] \uparrow$



$$\sigma = \sigma_0 + \lambda(\text{Ag}^+) [\text{Ag}^+] + \lambda(\text{NO}_3^-) [\text{NO}_3^-]$$

7. Justifier l'évolution de la conductivité σ dans le bécher après l'équivalence.



La conductivité attribuable aux ions argent et aux ions nitrate augmente \Rightarrow la conductivité σ dans le bécher augmente

8. Définir la notion d'équivalence et en déduire une relation entre la quantité initiale n_1 d'ions chlorure présents dans la solution S_1 et la quantité n_2 d'ions argent versés à l'équivalence.

On définit l'équivalence comme le moment du titrage où les réactifs ayant été introduits dans les proportions stœchiométriques sont entièrement consommés.

D'après la réaction support du titrage :



A l'équivalence :

$$n(\text{Cl}^-)_{\text{titré}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé à l'équivalence}}$$

$$n_1 = n_2$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_E$$

$$C_1 = \frac{C_2 \times V_E}{V_1}$$

9. Déterminer la concentration C_1 en ions chlorure dans le lait dosé.

$$\text{A.N. } C_1 = \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \times 13,4}{10,0} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

10. Dans un lait de vache frais la concentration massique est en moyenne comprise entre 0,8 et 1,2 g.L⁻¹. Au delà de 1,4 g.L⁻¹, le lait est considéré comme « mammiteux ».

Le lait analysé es-il consommable ?

On calcule la concentration massique c_1 en ions chlorure dans le lait à partir de la concentration molaire C_1 par la relation :

$$c_1 = C_1 \times M_{\text{Cl}}$$

$$\text{A.N. } c_1 = 3,3 \cdot 10^{-2} \times 35,5 = 1,2 \text{ g.L}^{-1}.$$

Le lait analysé est donc frais et peut être consommé.

Remarque : j'ai trouvé dans la littérature un mode op

<http://www.chimix.com/an4/an40/bac/spe061.htm>

où il est ajouté qqs gouttes d'acide nitrique au lait avant dosage afin de faire précipité les protéines du lait qui pourraient réagir avec les ions argent et chlorure.

\Rightarrow Il est possible que la quantité d'ion chlorure que nous avons dosés soit surestimée

Je re-testerais prochainement...